

PONTI LIGNEI MILITARI SU CAVALLETTI DA GIULIO CESARE A CARLO BIRAGO

Un manoscritto inedito (Maggi), restituzioni a stampa (Fra' Giocondo, Alberti-Bartoli, Rusconi, Borrel, Palladio, Floriani), esecuzioni in Laguna, modelli (Floriani-Marsili, Birago)

Amelio FARA

Costruiti per unire nel corso di una campagna militare i segmenti di una strada separati da corsi d'acqua oppure per valicare il fossato di città fortificate e fortezze in corrispondenza delle porte in alternanza a ponti levatoi,¹ il principale parametro progettuale dei ponti militari su cavalletti non poteva essere che la rapidità di esecuzione. Rapidità sottesa all'adozione di un materiale economico e di agevole lavorazione come il legno, e all'ideazione di una struttura portante di semplice realizzazione quanto 'defilabile' al tiro teso d'artiglieria. Struttura che, se fissa, implicava ineluttabilmente i cosiddetti 'cavalletti', i quali, intervallati da ridotte luci libere, erano costituiti da travi principali trasversali collegate a piedritti piantati nel fondo dei fiumi e/o appoggiati su barche.² La classificazione di ponti militari di tale genere veniva dunque ad escludere i tipi più complessi, connotati da luci libere e dimensioni altimetriche (frecce) ben superiori attraverso combinazioni dell'elemento statico triangolare. Come nel paradigma figurativo del ponte sul Danubio di Apollodoro di Damasco documentato nella Colonna Traiana.

L'archetipo del tipo a cavalletti era, e non poteva essere altrimenti, il ponte di Giulio Cesare, montato in dieci giorni sul fiume Reno durante la campagna di Gallia.

17. *Caesar his de causis, quas commemoravimus, Rhenum transire decreverat. Sed navibus transire neque satis tutum esse arbitrabatur neque suae neque populi Romani dignitatis esse statuebat. Itaque etsi summa difficultas faciendi pontis proponebatur propter latitudinem altitudinemque fluminis, tamen id sibi contendendum aut aliter non traducendum exercitum existimabat. Rationem pontis hanc instituit: tigna bina sesquipedalia paulum ab imo praeacuta dimensa ad altitudinem fluminis intervallo pedum duorum inter se iungebat. Haec cum machinationibus immissa in flumen defixerat festuculisque adegerat, non sublicae modo directe ad perpendicularum, sed prone ac fastigate, ut secundum naturam fluminis procumberent. His item contraria duo ad eundem modum iuncta intervallo pedum quadragenum ab inferiore parte contra vim atque impetum fluminis conversa statuebat. Haec*

utraque insuper bipedalibus trabibus immissis, quantum eorum tignorum iunctura distabat, binis utrimque fibulis ab extrema parte distinebantur. Quibus disclusis atque in contrariam partem revinctis tanta erat operis firmitudo atque ea rerum natura, ut, quo maior vis aquae se incitavisset, hoc artius inligata tenerentur. Haec directa materia iniecta contexebantur et longioribus cratibusque consternebantur. Ac nihilo setius sublicae et ad inferiorem partem fluminis oblique agebantur, quae pro anterde subiectae et cum omni opere coniunctae vim fluminis exciperent, et aliae item supra pontem mediocri spatio, ut si arborum trunci sive trabes deiciendi operis essent a barbaris missae, his defensoribus earum rerum vis minueretur neu ponti nocerent.

18. *Diebus decem, quibus materia coepta erat comportari, omni opere effecto exercitus traducitur [...].*

17. Per le ragioni ora esposte [che si riassumevano nella volontà di dimostrare ai Germani che il popolo romano "poteva e osava" superare l'ostacolo del fiume] Cesare aveva deciso di passare il Reno; ma pensava che non fosse abbastanza sicuro passare con dei battelli [offerta dagli Ubi] e riteneva che non convenisse alla sua dignità e a quella del popolo romano. Pertanto, anche se somma appariva la difficoltà di costruire un ponte a causa della larghezza, della rapidità e della profondità del fiume, tuttavia stimava di doversi impegnare in ciò o di non far passare altrimenti l'esercito. Stabili di costruire il ponte in questo modo: collegava, a due alla volta, lasciando tra esse un intervallo di due piedi, travi spesse un piede e mezzo, con una punta breve e acutissima, commisurate alla profondità del fiume. Dopo che queste travi furono calate per mezzo di argani, piantate nel fiume e confitte con la mazza, non ritte a perpendicolo come palafitte, ma inclinate in avanti e oblique come il pendente di un tetto, in modo che s'inclinassero nel senso della corrente, ne faceva piantare altre due, opposte a queste, collegate nello stesso modo, ad una distanza di quaranta piedi misurata alla base, voltate [inclinate] contro la corrente e la forza del fiume. Entrambe queste coppie di travi, collocatevi sopra altre travi spesse due piedi, distanza pari a quella fra le travi che formavano la coppia, erano tenute lontane all'estremità da due caviglie ciascuna dall'una e dall'altra parte; essendo queste travi divise e assicurate dalle parti opposte, tanto grande era la solidità dell'opera, e tale la natura della costruzione, che quanto maggiore era la violenza dell'acqua, tanto più strettamente le travi erano tenute ferme. Queste venivano collegate mediante legni disposti sopra per lungo e coperte di tavole e di graticci; e nondimeno sia a valle del fiume venivano piantate per traverso delle

palafitte, perché da sotto come arieti e congiunte a tutta la costruzione si opponessero alla forza del fiume, sia ugualmente a monte del ponte a breve distanza altre venivano piantate, affinché, se tronchi d'albero o navi fossero mandati dai barbari per abbattere la costruzione, la violenza dell'urto di tali oggetti fosse ridotta da queste difese e non nuocessero al ponte.

18. Dieci giorni dopo che si era cominciato a raccogliere il materiale, terminati tutti i lavori, l'esercito viene fatto passare[...]. (*Bellum Gallicum*, IV, 17-18).³

La struttura per la quale Cesare rivendicava con orgoglio il ruolo di progettista era quindi assimilabile a un telaio semplice o cavalletto con i piedritti inclinati verso l'interno. Composti da coppie di travi di spessore un piede e mezzo e di lunghezza commisurata alla profondità del fiume (mediamente tre metri per una larghezza di circa quattrocento metri in riferimento al tratto fra Coblenza e Bonn), i piedritti venivano conficcati nel terreno ricorrendo ad argani e mazze. La trave principale (orizzontale trasversale) di spessore due piedi veniva fissata ai piedritti attraverso le *fibulae*, variamente interpretate, in assenza di disegni, dai moderni trattatisti. Il piano finale era composto da travi longitudinali (appoggiate su quelle principali) e da un tavolato. Denominati *sublicae*, pali a valle erano collegati al cavalletto per accrescerne la resistenza. A monte, invece, e a una determinata distanza, altri pali fungevano da protezione contro i natanti e i tronchi d'albero lanciati dai barbari.

La corruzione del testo⁴ e la mancanza di disegni originari avevano in età moderna complicato l'esegesi del ponte di Cesare. Tuttavia, nella storia delle costruzioni, le restituzioni meramente intuitive dei primi trattatisti e ingegneri, condotte, senza l'ausilio di una teoria analitica di calcolo, sul nodo di connessione del piedritto alla trave del cavalletto, erano apparse e appaiono necessarie e sufficienti per analizzare la struttura resistente di quell'antico telaio semplice. Dunque, lo schema statico del ponte di Cesare poteva ricondursi alla trave appoggiata sui piedritti (Fra' Giovanni Giocondo), alla trave incernierata con canapi ai piedritti (Cosimo Bartoli), alla trave incernierata ai piedritti attraverso chiavarde esterne (Giovanni Antonio Rusconi e Giulio Cesare Scaligero), alla trave incernierata ai piedritti attraverso chiavarde interne (Girolamo Maggi), alla trave parzialmente incastrata ai piedritti (Andrea Palladio), alla trave incernierata ai piedritti da elementi quadrilateri a lati contrapposti funzionanti per mutuo contrasto (Pietro Paolo Floriani), ai piedritti incastrati nella trave a definire compiutamente il telaio rigido

semplice del ponte su cavalletti (Carlo Birago).

Nel 1513 Fra' Giovanni Giocondo prefigurava la trave appoggiata sui piedritti (Fig. 1); e le *fibulae* divenivano mensole di sostentamento della trave stessa, rendendo infine più rigido il collegamento trave-piedritti. La struttura tendeva cioè a un comportamento più monolitico e, dunque, a una maggiore capacità di resistenza ai carichi sia verticali (peso proprio e sovraccarico) sia orizzontali (corrente acqua e vento). Le *sublicae* poi, disposte all'interno del cavalletto, erano vere e proprie diagonali di irrigidimento.⁵ Ritroveremo quelle diagonali, fulcro del contributo iniziale di Giocondo all'interpretazione tecnica del ponte di Cesare, puntualmente adottate nei ponti militari detti, tra Otto e Novecento, di circostanza (Figg. 14-15).

Nel commento a Leon Battista Alberti del 1550 Cosimo Bartoli raffigurava due campate (tre cavalletti) in prospettiva cavaliere secondo l'asse longitudinale del ponte (Fig. 2),⁶ e interpretava il vincolo del nodo come una vera e propria cerniera atta a ridurre le tensioni nei piedritti. Congruente con la concezione di Cesare - secondo il quale «quanto maggiore era la violenza dell'acqua, tanto più strettamente le travi erano tenute ferme» - Cosimo materializzava il vincolo a cerniera, in armonia con l'antica cultura del pontoniere, attraverso *fibulae*-canapi che, proporzionalmente all'intensità dei carichi esterni, serravano la trave ai piedritti.

Apparentemente proporzionale ai carichi anche la restituzione nel 1554 di Giovanni Antonio Rusconi. Tuttavia i tratti sporgenti delle chiavarde intersecanti la trave del cavalletto offrivano una sezione chiaramente inadeguata al mutuo contrasto con i piedritti (Fig. 4).⁷ Nello stesso anno Jean Borrel rappresentava il cavalletto nel contesto rovesciato della piramide prospettica legittima. Ciò per offrire una più dettagliata osservazione del quadrilatero applicato al nodo, nel quale le *fibulae* venivano assimilate ai bracci inferiore e superiore (Fig. 5). Il quadrilatero avrebbe dovuto realizzare, nelle idee del frate e matematico, sia un appoggio alla trave principale (riecheggiando di fatto il criticato Giocondo) sia un funzionamento a cerniera in relazione ai carichi esterni. Cerniera tuttavia risultata impedita dall'elemento G denominato *transversaria*. Le *sublicae* a valle e le protezioni a monte costituivano palificazioni cuneiformi analoghe a quelle coeve di Rusconi; benché le protezioni di monte venissero incrementate dal Borrel con palificazioni cuneiformi

distaccate.

Successivamente a Giovanni Antonio Rusconi (e Giulio Cesare Scaligero), pregnante appare l'interpretazione del vincolo del nodo del cavalletto di Cesare nel libro primo del manoscritto inedito *De gli ingegni militari* (BNCF, Palatino 464) di Girolamo Maggi, circa il 1562. La trascrizione filologica del passo di Cesare, ne precedeva il commento della restituzione (Figg. 6-7).

Ho voluto recitare le parole istesse dello autore [trascritte a c. 38, ma qui omesse in quanto analoghe a quelle della versione sopra riportata], acciò chi intende latino possa giudicare se noi nel disegno che faremo, habbiamo compresa la mente di Cesare. Per dichiarazione adunque del luogo presente dico che Cesare commise che 'l ponte sopra 'l Rheno si formasse e costruisse in questo muodo. Che primieramente si pigliassero due travi grossi ogniuno un piede, e mezo, e che fussero più lunghi che l'altezza del fiume; e che questi travi si aguzzassero alquanto da imo, e di poi si congiugnessero insieme con buone traverse in tre, o quattro luoghi, facendo che stessero discosto uno da l'altro due piedi. Dopo havendo con machine [aggiunto: "dette da Vitruvio fistuca ad 7 liber ad cap ... se bene si chiama anchora fistuca quella che s'adopra a far i pavimenti o lastrichi come dice Plinio nel 36 libr. Al cap. 25"] e mazzacastelli fatto ficcare questi travi nel fiume non diritti a piombino, ma alquanto con le teste piegate dietro al corso del fiume, come che a l'impeto de l'acqua alquanto cedessero; ne faceva congiugner nel medesimo muodo due altri travi, e condotti di sotto nel fiume a dirittura de' primi, e da quelli lontani con le teste quaranta piedi, li faceva ficcare con le medesime machine sì che pendessero un poco con le teste in su contra l'impeto dell'acque. Di più ordinò che queste due paia di travi nel detto modo ficcati si congiugnessero insieme con travi grossi due piedi [aggiunto: "l'uno"], che aggiugnessero da un paio di trave a l'altro, e che intrassero con le teste infra le teste delle due paia di travi lasciate (come di sopra s'è detto) per tale effetto lontane una da l'altra due piedi; e si venisse a fare la similitudine d'un paio di forche, o d'uno di quei gioghi sotto a' quali anticamente si facevano passare per vilipendio gli esserciti vinti, come appresso Livio et altri si legge. E così ogniuno di queste paia di travi, a' sommo dove entravano le teste de' legni sopradetti, si ligasse, e stretto si tenesse con due fibbie, o per dir meglio chiavarde che per i capi de' detti due travi come di sopra insieme congiunti, e per quelli de' legni infra quelli messi passassero. Il che essendosi fatto, et in tal muodo, essendo separatamente chiusi i capi di detti paia di travi, et uno dall'altro separato, et al dirimpetto con dette fibbie, e chiavarde collegati, ne seguiva una tal fermezza, e stabilità, e natura di fabbrica, che quanto maggiore era la forza dell'acqua che vi percoteva, tanto più strettamente eran tenuti ligati, e congiunti insieme detti capi di travi, e legni fra quelli messi, e confitti. Di simili gioghi ne fece far tanti quanto bastavano per arrivar col ponte da un lato del fiume a l'altro. E da un a' l'altro di tali gioghi faceva mettere per diritto altri legni e sopra di quelli gratucci, e pertiche dove si avesse a camminare. E benché il ponte in

tal maniera formato, e stabilito, paresse a Cesare assai gagliardo per resistere a' l'impeto de l'acqua corrente, non di meno per maggior sicurezza fece ficcare molti paloni dal lato di sotto del fiume che stessero chinati contra l'impeto del fiume, e quasi contra quello in guisa di montoni cozzando, e congiunti con tutta l'opera, pigliassero il detto impeto. E dal lato di sopra del detto fiume cioè sopra 'l ponte, poco lontano fece ficcare altri paloni, a' fine che se' barbari havessero mandato giù per il fiume tronconi d'alberi, o navi che venissero a cozzar, et urtare detto ponte: per la difesa di detti paloni, la forza di quelli, o di queste si sminuisse sì che non nocessero al ponte. Questo è quanto mi pare che habbia detto, e voluto dir Cesare, ancor che sopra di ciò siano diverse dichiarazioni fra le quali par la migliore secondo alcuni, quella di Giovanni Butrone del Delphinato, [cancellato: "da me nondimeno", e aggiunto: "se ben quella di Giulio Ce. San Scaligero, homo clarissimo in tutte le scientie, a me pare si accosti più al vero, havendo dichiarato quella parola, quale pare dia tanto di fastidio a li scrittori, chiamata da li latini fibula, forse quella che i greci dicano $\pi\epsilon\sigma\sigma\upsilon\eta$ o quelle che dice Catone *confibulas ad comprimendas arbores torcularis*]. Delle quali dichiarazioni non intendo qui parlar cosa alcuna, contentandomi solo l di porre in disegno quanto che io stimo del detto ponte; rimetendomi sempre al più sano giudicio di chi meglio l'intendesse [aggiunto: "il disegno di quanto s'è detto del ponte di Cesare e nela XIII figura del primo libro"]. Havendo noi posto il disegno d'un giogo del ponte, cioè della congiunzione delle due paia di travi grossi un piede e mezo l'uno; e delle fibbie, de' travi di due piedi l'uno di grossezza; delle sublice, o de' paloni ficcati di sotto al ponte, e di quelli di sopra; hora bisogna mostrare il colligamento di tutto il ponte con più gioghi [aggiunto: "come apparà nel disegno per la XV figura dal primo libro"].

Nell'inedita esposizione del Maggi, in cui appare peraltro chiara l'incidenza di Cardano nelle protezioni a monte (Fig. 3), le *fibulae* erano quindi chiavarde che attraversavano e i piedritti e la trave principale. La suddivisione della trave in due elementi sovrapposti, pur non costituendo un raddoppio della sezione resistente alla flessione, sembrava assecondare, nella probabile intuizione di Gerolamo Maggi, il funzionamento del vincolo del nodo a cerniera a causa dello scorrimento fra l'estradosso della trave superiore e l'intradosso della inferiore. Veniva comunque notevolmente migliorato, dal punto di vista statico, lo schema di Rusconi. In questo le chiavarde attraversavano soltanto la trave principale del cavalletto, offrendo nei loro tratti aggettanti una sezione resistente inadeguata ai carichi. Nel 1564 Gerolamo ribadisce la bontà strutturale della sua restituzione del ponte di Cesare⁸ senza però riprodurre i disegni del precedente trattato sugli ingegni militari.

Nel 1570 riferendosi, come Bartoli e Rusconi, a quattro campate del ponte in prospettiva cavale-

ra longitudinale centrale, Andrea Palladio (Fig. 8) disegnava il nodo del cavalletto con le *fibulae* di forma analoga ai lati superiore e inferiore del quadrilatero di Borrel, inserite in intaccature ricavate nei piedritti esattamente nei punti nei quali Cosimo Bartoli aveva fatto girare i canapi. Attraverso quelle intaccature Palladio prefigurava di fatto un certo grado di incastro nel nodo del cavalletto. Egli osservava anche che le *fibulae* «rendevano tanto grande la fermezza dell'opera, che quanto era maggiore la violenza dell'acqua, e quanto più era carico il ponte, tanto più ella si univa, e si fermava»;⁹ e questa osservazione - da lui estesa, rispetto al testo cesareo, anche ai carichi verticali - sembrava tuttavia pertenerne maggiormente alla restituzione di Cosimo Bartoli incentrata sullo schema statico a cerniera nel nodo.

Uno schizzo rapido del Palladio al margine di un foglio della pianta del foro di Nerva¹⁰ rivela come l'architetto veneto potesse essere a conoscenza (nel settimo decennio del XVI secolo) della restituzione di Maggi, connotata da chiavarde tali da attraversare sia la trave principale sia i piedritti. Però il Palladio riconduceva ad un'unica trave l'elemento portante orizzontale del Maggi, che avrebbe dovuto invece essere suddiviso in due travi sovrapposte al fine di assecondare nel nodo il vincolo a cerniera.

La soluzione proposta dal Palladio per le *fibulae* non sembra rappresentare, come taluni ritengono, la soluzione «più convincente, non solo dal punto di vista filologico ma anche da quello strutturale» del ponte di Cesare.¹¹ Sarebbero certo auspicabili ricerche statiche sperimentali su modelli dato che, citando Pier Luigi Nervi, «un modello, ossia la ripetizione in scala di una struttura, sollecitato da un sistema di forze in appropriata similitudine meccanica, verrà a trovarsi in uno stato di equilibrio interno del tutto simile a quello della vera struttura». ¹² Il cavalletto restituito dal Palladio doveva comunque apparire strutturalmente carente poiché i carichi verticali erano sopportati dalla sezione inadeguata della *fibula* inferiore. Una dimostrazione indiretta di tale carenza palladiana si evince dal modellino del ponte di circostanza ideato da Auguste Verchère de Reffye per Napoleone III intorno al 1860 (Musée des Antiquités di Saint-Germain-en-Laye),¹³ dove non certo fortuito è l'incremento della sezione resistente (oltre l'adozione di perni di fissaggio) dell'elemento corrispondente alla *fibula* inferiore palladiana.

Da Cosimo Bartoli e da Giovanni Antonio Ru-

sconi il Palladio aveva dedotto la tecnica della rappresentazione in prospettiva cavaliere secondo l'asse longitudinale del ponte (ma in relazione a quattro campate e cinque cavalletti anziché due e tre), e, rispetto al Rusconi, aveva unicamente migliorato la solidità costruttiva del nodo. Significativo, dunque, che nel 1585 Gabriello Busca non lasciasse «di dire in questo luogo, come a torto il Palladio si fa autore dell'invenzione del Ponte di Cesare, avendolo preso dall'Alberti, dove l'ho parimenti preso anchor'io»;¹⁴ che nel 1599 Justo Lipsio (Fig. 9) trascurasse la restituzione palladiana a favore di quella rusconiana; e, infine, che nel 1615 Vincenzo Scamozzi rinunziasse alle intaccature del Palladio, appoggiasse la trave sulle giunture colleganti le travi dei piedritti («cosa non punto avvertita da' Moderni a sostenere un tanto peso») e ne assicurasse la connessione ai piedritti anche per il tramite di *fibulae* («cioè legature o correggie, o cinte de' nervi, o cuoi, o d'altra materia da poter ritorzere, e annodare»).¹⁵

Intorno al 1814 un *Lecture Diagram* dell'atelier Soane (Fig. 10)¹⁶ sembrava riassumere alcune storiche restituzioni, apparendo, l'osservazione dal basso verso l'alto, adeguata a svelare la teoria dei nodi incernierati di sinistra (nella direzione di marcia dei legionari) comparata a quella dei nodi appoggiati di destra. Materializzati, i primi, da chiavarde lignee attraversanti gli elementi abbinati dei piedritti e la trave orizzontale (ma affioranti, non efficacemente, dall'estradosso teso della trave), i secondi lo erano invece da elementi lignei a sezione ridotta su cui appoggiavano le travi principali. Indubbia la conoscenza delle restituzioni di Fra' Giocondo (per le travi diagonali di irrigidimento del cavalletto), del Palladio (per le travi orizzontali appoggiate sulla sezione ridotta paragonabile a quella della sua *fibula* inferiore), e, forse, del Maggi per le chiavarde inserite nella trave principale e nei piedritti.

Peraltro, appare singolare come in studi recenti sia stata omessa - circa il nodo del cavalletto del ponte di Cesare (Fig. 11) - la fondamentale restituzione dovuta al trattatista Pietro Paolo Floriani (1630 e 1654). Rimuovendo l'elemento detto dal Borrel *transversaria*, l'ingegnere maceratese ne aveva infine assimilato il nodo a una cerniera.¹⁷ In funzione della variazione di livello del fiume - secondo Mariano Borgatti - il suo quadrilatero a contrasto si sarebbe persino potuto alzare o abbassare.¹⁸ La valenza del cavalletto alla Floriani

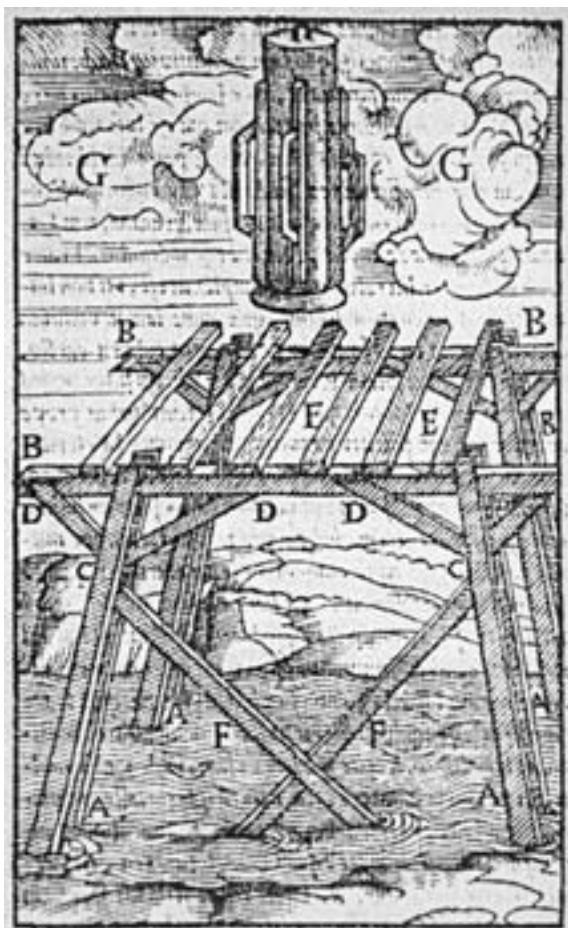
nella tradizione della cultura architettonica militare emerge dal modello conservato nella Stanza di Arte militare dell'Istituto delle Scienze di Bologna (Fig. 12) fondato da Luigi Ferdinando Marsili o Marsigli, il quale sino dai «primi anni molte scienze, e molte arti nello stesso tempo studiò, ma a niuna più avidamente applicossi, che a quella parte di Matematica, che il modo contiene di fortificare le piazze».¹⁹ Lo strumento redatto il 29 agosto 1711,²⁰ puntuale per certi aspetti ma generico per altri se non integrato da altre fonti, sancì la donazione al nuovo Istituto delle Scienze di Bologna, l'11 gennaio 1712, di «gran numero di libri, e modelli di fortificazioni di piazze, de' quali molti aveva egli stesso lavorati in legno di sua stessa mano, e alcune antiche lapidi, ed altre memorie d'antichità, per non tralasciar cosa alcuna in cui qualche vestigio apparisse di erudizione, e dottrina».²¹ Sul tema dei ponti su cavalletti e circa le restituzioni del tipo cesareo, Marsigli poteva, nella sua stessa biblioteca, consultare i trattati di Girolamo Cardano, Jean Borrel, Giulio Cesare Scaligero, Gabriello Busca, Buonaiuto Lorini, Justus Lipsius, Pietro Paolo Floriani (con probabilità nell'edizione del 1654).

Se la degradazione della loro stessa materia costitutiva non ha permesso la conservazione dei ponti lignei medievali e rinascimentali dei quali permane notizia, quelli militari di circostanza realizzati nella Laguna di Venezia tra Otto e Novecento sono testimoniati da uno straordinario corpus fotografico (Figg. 13-17)²² che tramanda l'aspetto dei ponti su cavalletti e barche con la variante, rispetto al ponte di Cesare, della verticalità dei piedritti. Si può dunque dedurre che il ponte del ridotto di Madonna Marina fosse ancora, benché rinforzato, quello austriaco ottocentesco;²³ e che la struttura dei cavalletti del grande ponte di Ca' Nordio sull'Adige, lungo 222,50 metri, fosse analoga a quella del ponte seicentesco della città fortificata di Legnago a sua volta documentato da un disegno del 1663.²⁴ Comparata a quel disegno, l'immagine fotografica svela la persistenza, in area veneta, tra il XVII e l'inizio del XX secolo, di una determinata tecnica costruttiva del ponte ligneo su cavalletti.

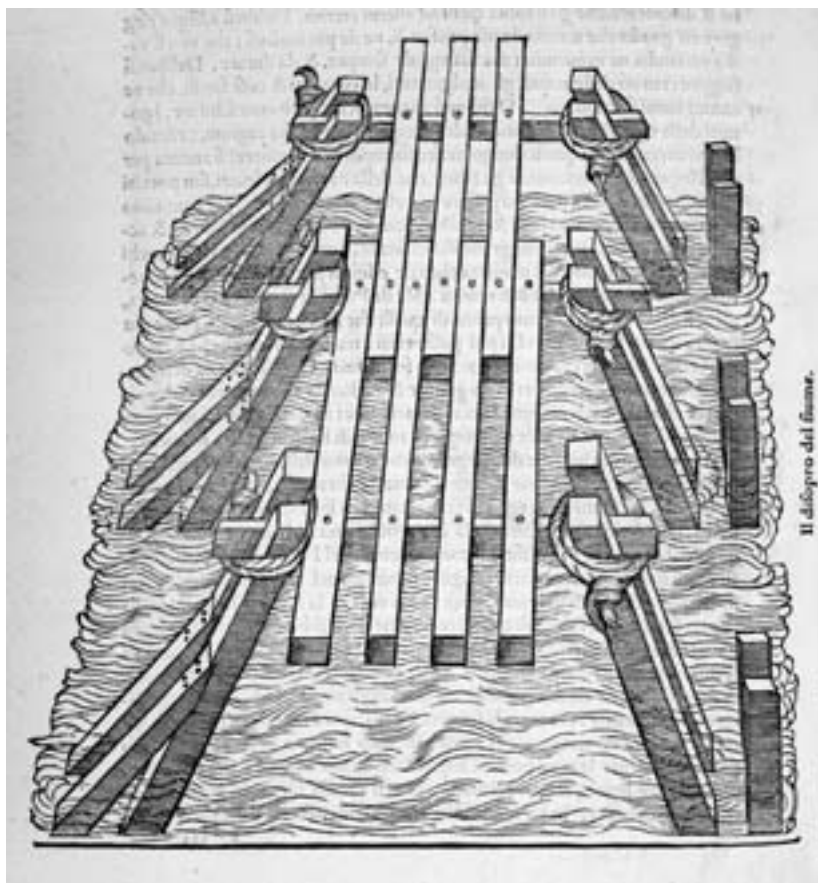
La definitiva, pregnante interpretazione ottocentesca del cavalletto del ponte di Cesare, sinora mai considerata negli studi, è tuttavia quella del ponte d'equipaggio ideato da Carlo Birago (1792-1845). Indubbiamente il maggiore e acuto interprete di Cesare, ufficiale austriaco nato

nel Lombardo-Veneto,²⁵ il cui modello di ponte d'equipaggio si era diffuso in Europa attraverso molteplici applicazioni campali (provvisorie, effimere) per mezzo delle compagnie pontonieri dei vari Stati nazionali. Egli aveva ideato ponti le cui parti prefabbricate - relative a cavalletti inizialmente a sei gambe (Fig. 18),²⁶ infine a due gambe (Fig. 19) - venivano, unitamente alle barche, trasportate con carri. La prima ideazione di Birago, datata al 1823, si era diffusa in Piemonte nel 1832.²⁷ Trasportato su carri, il materiale d'equipaggio modello Birago consentiva di gittare un ponte lungo 120 metri. Soggetto alle sollecitazioni verticali e orizzontali, il suo sistema campale dimostrava una superiore solidità costruttiva. L'ideazione pregnante di un vincolo d'incastro nel nodo del cavalletto, portò Birago a legare indissolubilmente il suo nome al ponte di Cesare. Il piedritto o 'gamba' penetrava nella trave o 'banchina', e il tutto risultava rinforzato da un 'pezzo di gamba' a due intagli, costruttivamente intrigante quanto affascinante (Figg. 19-20).²⁸

Amelio FARA, ingegnere e architetto, è uno dei maggiori studiosi europei di architettura militare. La sua produzione scientifica annovera la pubblicazione nei Saggi Einaudi de La città da guerra nell'Europa moderna (Torino, 1993). Altro ambito primario della sua ricerca la storia dell'architettura cosiddetta civile che da decenni lo vede impegnato negli studi su Michelangelo, Bernardo Buontalenti (monografia, Electa, 1995; mostra dei disegni agli Uffizi nel 1998), Francesco Borromini, Guarino Guarini. E' l'autore della scoperta nel 1996 alla Casa Buonarroti del nuovo disegno di Michelangelo relato al progetto della chiesa della nazione fiorentina a Roma, e dei recenti Napoleone architetto nelle città della guerra in Italia (Firenze, Olschki, 2006), "L'arte vinse la natura". Buontalenti e il disegno di architettura da Michelangelo a Guarini (Firenze, Olschki, 2010), Luigi Federico Menabrea (1809-1896). Scienza, ingegneria e architettura militare dal Regno di Sardegna al Regno d'Italia (Firenze, Olschki, 2011), Geometria dell'architettura militare. Francesco I d'Este e la cittadella di Modena (Firenze, Pontecorboli, 2012)



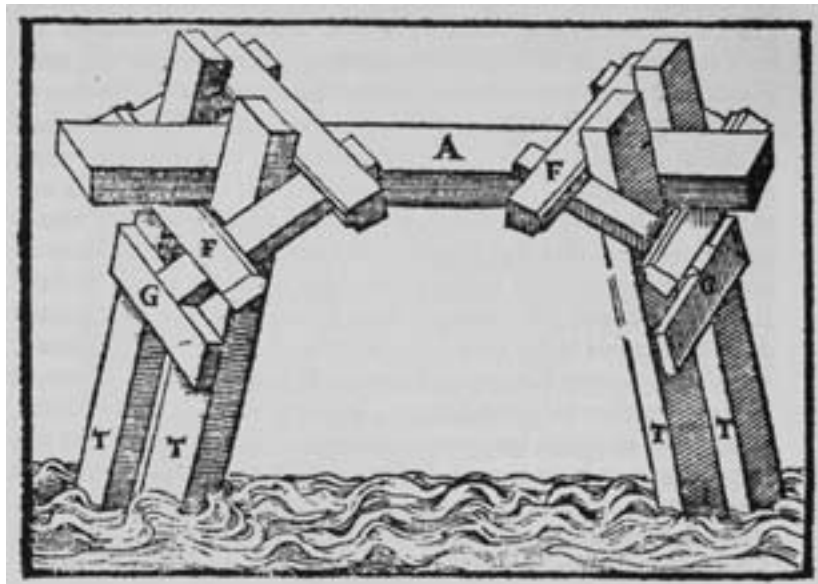
1. Giovanni Giocondo, Il ponte di Cesare. CESARE-GIOCONDO, 1513.



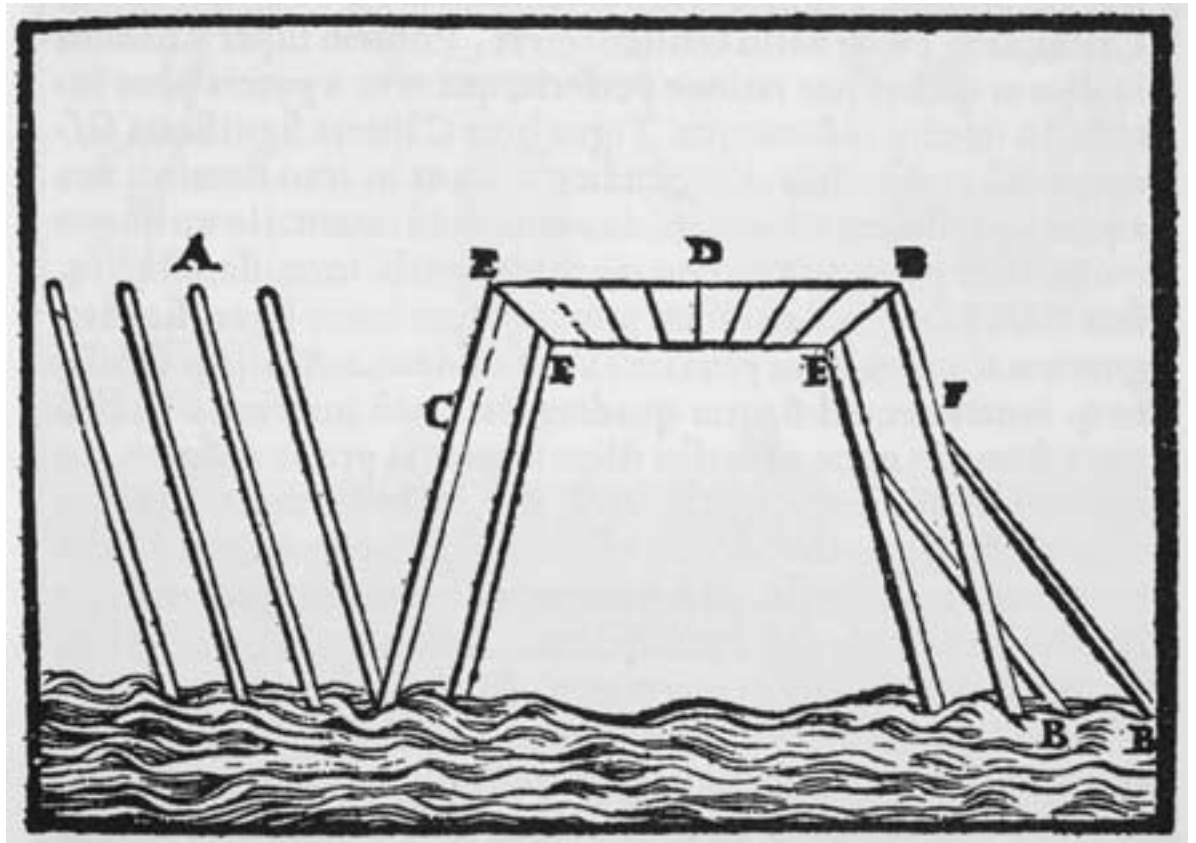
2. Cosimo Bartoli, Il ponte di Cesare. ALBERTI-BARTOLI, 1550.



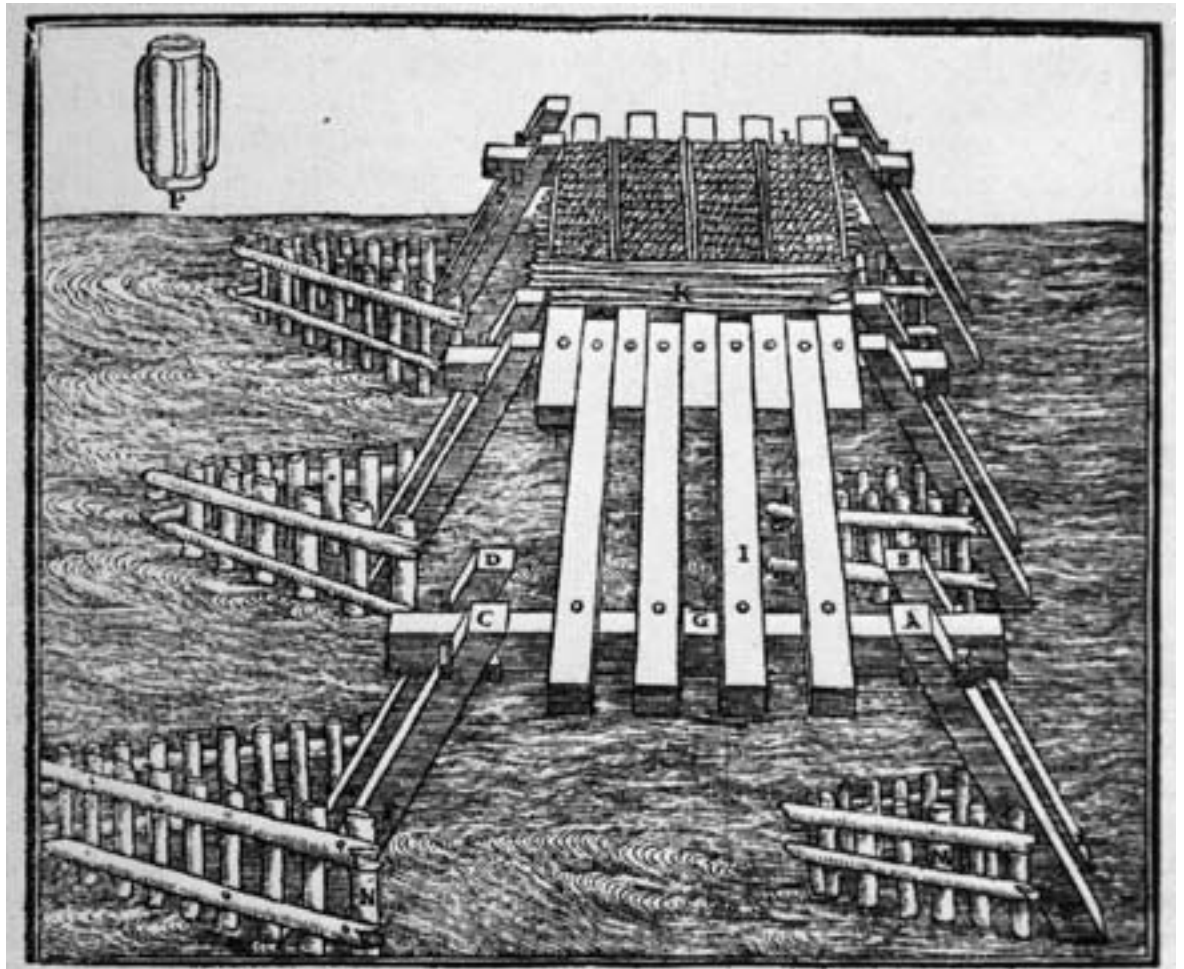
10. Atelier Soane, Il ponte di Cesare (particolare). John Soane, 2002, n. 17.



5. Jean Borrel, Il ponte di Cesare. BORREL, 1554.



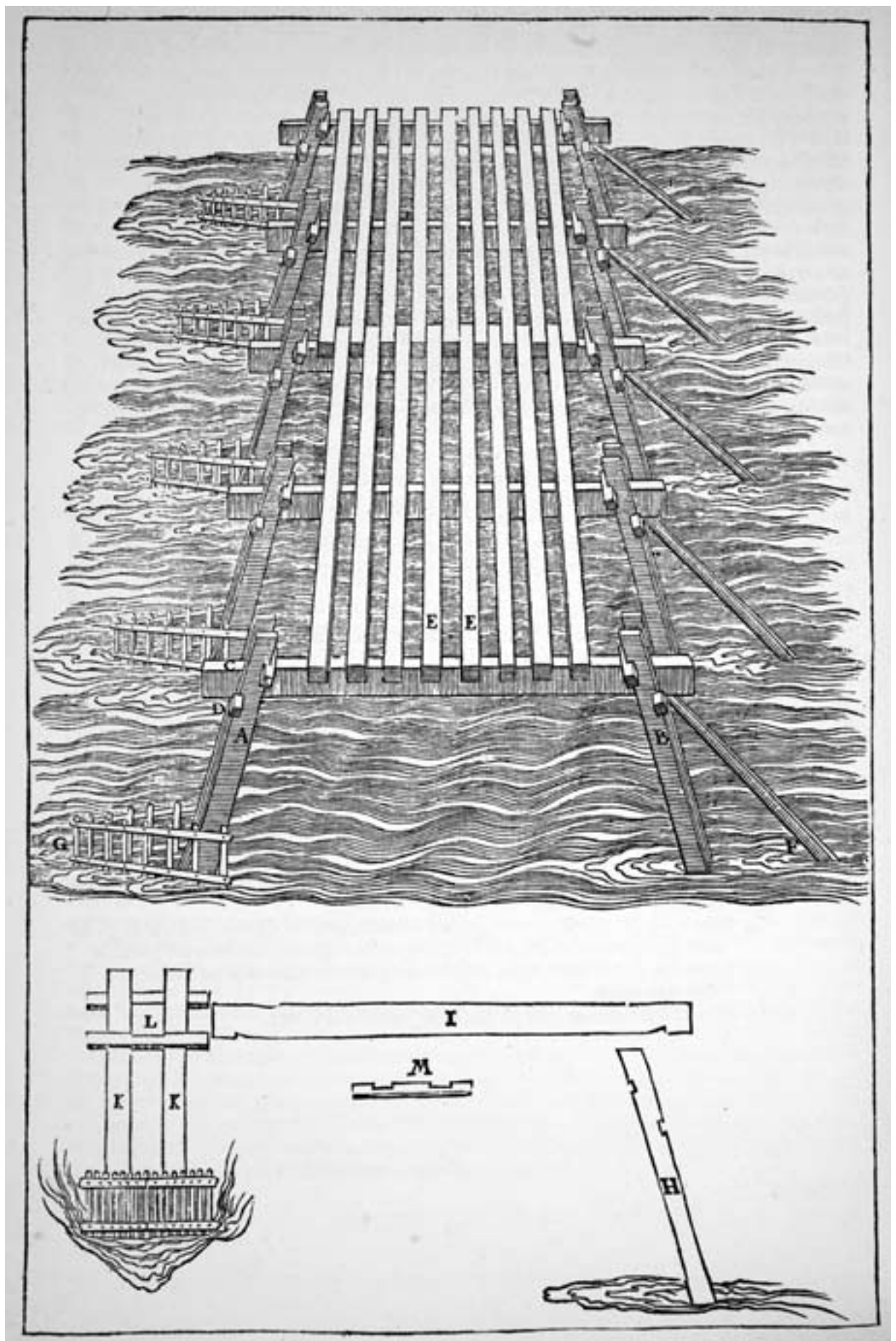
3. Girolamo Cardano, Il ponte di Cesare. CARDANO, 1550.



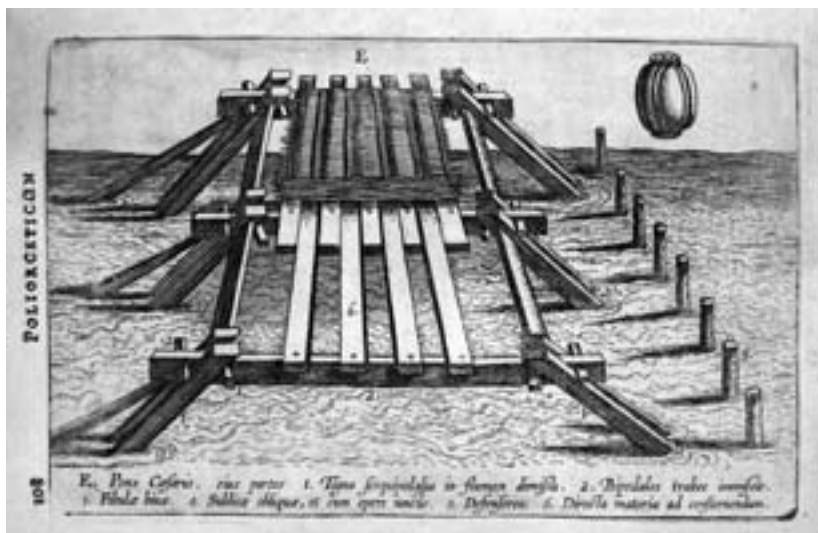
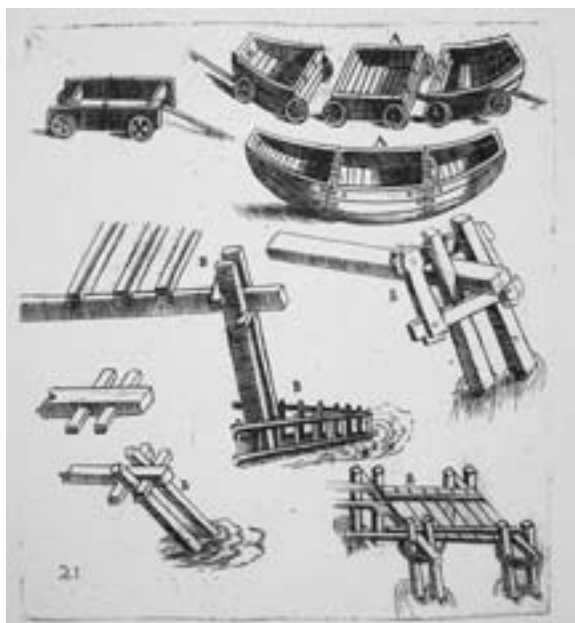
4. Giovanni Antonio Rusconi, Il ponte di Cesare. CESARE-BALDELLI, 1554.



6-7. Girolamo Maggi, Il ponte di Cesare. MAGGI, 1562 circa. Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, Manoscritto Pa-
latino 464.



8. Andrea Palladio, Il ponte di Cesare. PALLADIO, 1570.



9. Justo Lipsio, Il ponte di Cesare. LIPSIUS, 1599.

11 (a sinistra). Pietro Paolo Floriani, Il quadrilatero a contrasto (centro - destra) nel nodo del ponte di Cesare e restituzioni precedenti. FLORIANI, 1654.



12. Modello ligneo del ponte di Cesare (FLORIANI, 1654). Bologna, Museo di Palazzo Poggi.



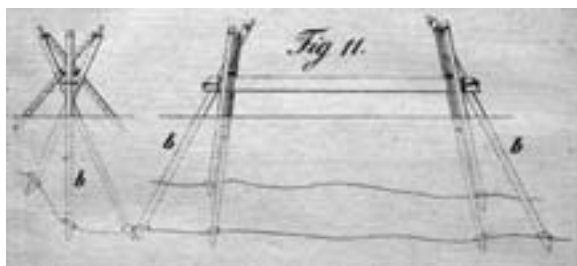
13. Laguna di Venezia. Ponte ligneo su cavalletti e barche, 1918. Prospetto longitudinale.



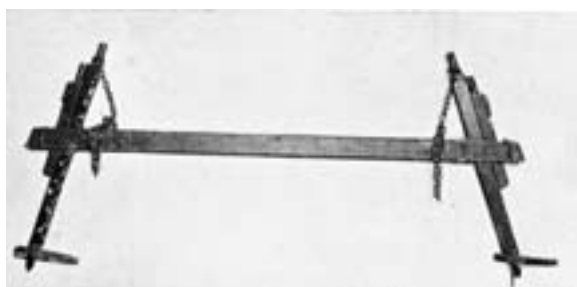
14 -15. Laguna di Venezia. Ponte ligneo su cavalletti e barche, 1918. Ponte di Ca' Nordio sull'Adige (lunghezza 222,50 metri; oscillazione prevista tra metri 1,30 sopra la guardia e metri 1,70 sotto la guardia dell'idrometro di Cavanella d'Adige). Teoria dei cavalletti a piedritti verticali; campata mobile di sinistra.



16 - 17. Laguna di Venezia. Ponte ligneo su cavalletti e barche, 1918. Passaggio finale del direttore del genio su una Isotta Fraschini; il ponte in costruzione durante la piena del giugno 1918 (a sinistra il castello del battipalo). *Sistemazione difensiva*, 1918. Collezione privata.

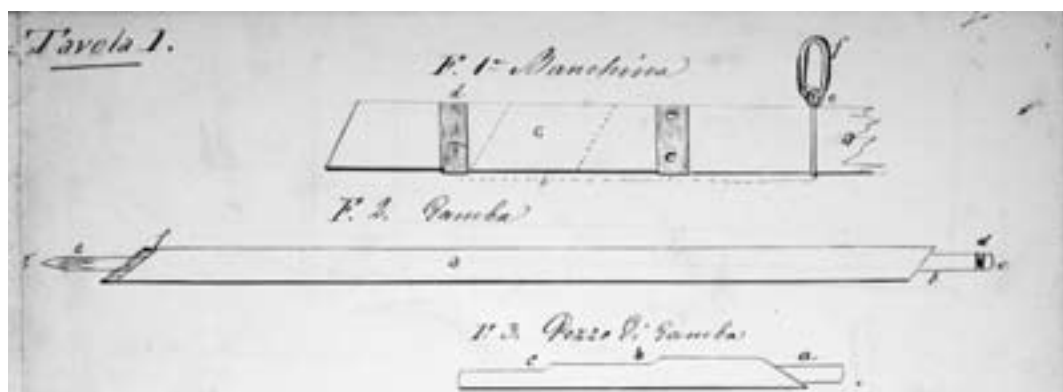
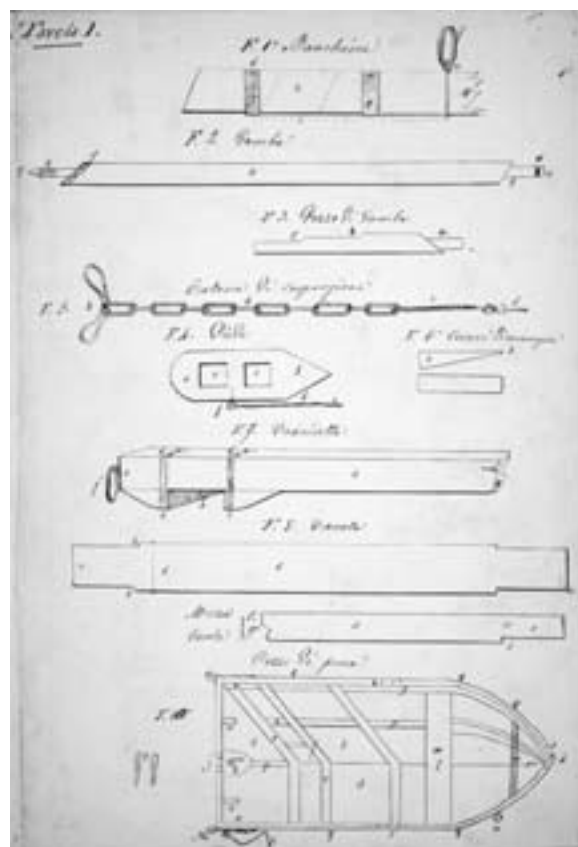


18. Carlo Birago, Ponte su cavalletti a sei gambe. BIRAGO, 1839.



19. Modello ligneo del cavalletto del ponte Birago a due gambe. BORGATTI, 1928-1931.

20 - 21 (a destra e sotto). Parti del cavalletto del ponte Birago a due gambe. Dispense, 1860, tav. I. Insieme e particolare. Collezione privata.



NOTE

1. In una moderna piazza di guerra la comunicazione dalla porta alla controscarpa e alla campagna avviene combinando ponti lignei fissi su cavalletti e mobili o levatoi. Nel 1366 un ponte levatoio è citato negli statuti di Modena (Muratori).
Schemi di movimento dei ponti levatoi sino alla fine del secolo XVIII: a bilanciere con bolzoni esterni; a bilanciere con bolzoni interni; a leve; a doppia porta; a trabucco; all'olandese o alla Carnot; alla Héré (realizzato a Neuf Brisack); alla Dobenheim (realizzazioni a Condé, Bergues, Kebl, Cherbourg, Mons, Capua, Gaeta); alla Bélidor.
Schemi di movimento dei ponti levatoi nel secolo XIX: alla Bélidor modificato dal Delille; a spranghe, di Delille; alla Bergère; alla Bergère modificato dal Poncelet; a spirale, di Derché; a curva d'equilibrio sul palco; a contrappesi variabili o alla Poncelet; a pendolo o alla Burel; alla Silvestro Corrado (realizzato a Gaeta).

2. Il tipo di ponte su cavalletti aveva ricevuto la preferenza di Buonaiuto LORINI (1609) poiché con esso i ponti delle fortezze, combinati con ponti levatoi davanti alla porta e sulla cunetta (libro secondo, cap. VIII; mentre il ponte su barche è trattato nel libro quinto, cap. XXV), potevano risultare bassi e coperti (defilati) rispetto alle bocche da fuoco dell'assediante che tiravano col primo arco.

3. CESARE, 1993.
4. Si veda la nota al testo di Albino Garzetti, in CESARE, 1993.
5. Peralto Giocondo (CESARE-GIOCONDO, 1513) lasciava, nel suo schema ortografico scorciato, la protezione a monte.
6. Per la prospettiva cavaliera si veda FARA, 2010, pp. 8-16. In quella rappresentazione Bartoli aveva esercitato una certa incidenza su Rusconi, Palladio, Lipsio, Scamozzi. Girolamo Cardano (CARDANO, 1550) aveva invece disegnato solo lo schema di una campata in veduta prospettica legittima a linee confluenti al punto di fuga (Fig. 3).
7. Così anche nello schematico cavalletto di Giulio Cesare Scaligero (SCALIGERO, 1557). Rusconi seguiva inoltre Bartoli nel dettaglio della disposizione delle travi longitudinali d'impalcato.
8. MAGGI, 1564. La restituzione del ponte di Cesare da parte di Maggi è stata segnalata in FARA, 2006, pp. 141-142.
9. PALLADIO, 1570, libro terzo, cap. VI, p. 13. Ai capp. VII-XV vengono trattati altri tipi di ponti. Si veda TAMPONE, 2000; TAMPONE-FUNIS, 2003.
10. Pubblicato da Howard Burns in *John Soane*, 2002, n. 77.
11. *Ivi*, p. 27 (Howard Burns).
12. NERVI, 1965, p. 37.
13. *John Soane*, 2002, fig. alla p. 165.
14. BUSCA, 1585, p. 52; fig. alle pp. 53-56 per il ponte di Cesare; e fig. alle pp. 57-60 per un ponte di barche.
15. SCAMOZZI, 1615, parte seconda, libro ottavo, cap. XXIII, pp. 346-348. Inoltre un ponte «fortissimo e permanente» (pp. 348-349), che Scamozzi considera di sua invenzione, raffigurato insieme a quello «temporaneo» di Cesare, palesa una certa affinità strutturale con altre strutture delineate dal Maggi (1562 circa, capitolo X, cc. 43-48).
16. *John Soane*, 2002, n. 17.
17. FLORIANI, 1654, libro secondo, capo decimo sesto, figura 21. Indicate con B alcune restituzioni del nodo: in senso orario (senza citare gli autori) Palladio, il suo telaio a contrasto, Bartoli, Rusconi-Lipsio; con A la struttura della barca. Nel 1836 il capitano dei pontonieri sardi Giovanni Cavalli - cavaliere al Merito Civile di Savoia, cavaliere di quarta classe dell'Ordine di San Vladimiro di Russia e di terza classe dell'Aquila Rossa di Prussia - compilerà un celebre *Sunto* pertinente all'equipaggio da ponti per definire la composizione e il numero dei carri atti a trasportare il materiale per la costruzione di ponti, anche di notevole lunghezza, che dovevano resistere ai carichi relativi al passaggio dell'artiglieria da campagna e da assedio. Esempio la sua delineazione della barca «col soccorso della geometria descrittiva» in una incisione su pietra del capitano Pietro Gardet (CAVALLI, 1836).
18. BORGATTI, 1928-1931, IV, p. 1270.
19. BOLLETTI, 1751, p. 9.
20. *Instrumentum donationis*, 1711.
21. BOLLETTI, 1751, p. 11. Per la composizione della Stanza dell'Arte militare dopo le integrazioni si vedano le pp. 66-71.
22. *Sistemazione difensiva*, 1918.
23. FARA, 2006, fig. 93.
24. Pubblicato da Paola Lanaro in *John Soane*, 2002, figg. alle pp. 200-201.
25. Autore delle fortificazioni di Linz e Brescello.
26. BIRAGO, 1839, tav. I, fig. 11.
27. Dove ancora si preferiva il cavalletto progettato da Giovanni Cavalli; CAVALLI, 1843, pp. 53-71.
28. Il cavalletto era costituito dalla banchina o cappello (in cui a= corpo della banchina, b= testata, c=mortasa o foro, d=staffa e controstaffa, e=anello a vite, f=campanella), dalle gambe o piedritti che possono raggiungere la lunghezza metri 6 oppure 5 oppure 4 oppure 2½ (nelle quali a=corpo della gamba, b=testa arrotondata, c=punta, d=ghiera della testa, e=chiodo di testa, f=ghiera della punta, g=puntazza), dai pezzi di gamba o rinforzi (nei quali a=testa arrotondata, b=primo intaglio, c=secondo intaglio), dai piedi e dai cunei. I cavalletti si ponevano in opera con mazze da uomini che stavano in acqua oppure sulle barche a seconda della profondità del fiume. I cavalletti delle prime impalcate venivano connessi sulla spiaggia e portati a spalla in acqua. I rinforzi venivano posti esternamente alle gambe, e i cunei di montaggio internamente. Questi forzavano in maniera tale da impedire alle gambe di scorrere oltre il necessario e da poterli poi togliere. La punta dei piedi era disposta nel senso della corrente, e le caviglie assicuravano i piedi alle gambe. Nelle dispense del 1860 si può leggere: «Quando la gamba non si affonda più sotto i colpi di mazza, il pilota [della barca] che maneggia la catena passa a forza la caviglia nell'anello che attraversa la campanella del cappello». (Dispense, 1860).

BIBLIOGRAFIA

CESARE-GIOCONDO, 1513

Hoc volumine continentur haec. *Commentariorum de bello Gallico* ..., a cura di Giovanni Giocondo, Venezia, in aedibus Aldi, et Andreae soceri, 1513.

ALBERTI-BARTOLI, 1550

Leon Battista Alberti, *L'Architettura di Leonbatista Alberti tradotta in lingua Fiorentina da Cosimo Bartoli Gentil'huomo et Accademico Fiorentino*. Con la giunta de Disegni, Firenze, Lorenzo Torrentino, 1550.

CARDANO, 1550

Girolamo Cardano, *De Subtilitate libri XXI* ..., Norimberga, Joh. Petreium, 1550 (altra edizione 1559).

CESARE-BALDELLI, 1554

I Commentari di C. Giulio Cesare da M. Francesco Baldelli nuovamente di lingua latina tradotti in thoscana ..., Venezia, Gabriel Giolito de Ferrari e fratelli, 1554.

BORREL, 1554

Jean Borrel, *Io. Buteoni Delphinatici opera geometrica, quorum tituli sequuntur. De Arca Noe, cuius formae, capacitatisque fuerit. De sublicio ponte Caesaris* ..., Lione, apud Thomam Bertellum, giugno 1554. Altra edizione 1559.

SCALIGERO, 1557

Giulio Cesare Scaligero, *Iulii Caesaris scaligeri exotericarum exercitationum liber quintus decimus, de subtilitate, ad Hieronymum Cardanum* ..., Parigi, ex officina typographica Michaelis Vascosani, 1557.

MAGGI, 1562 circa

Gerolamo Maggi, *De gli ingegni militari*, 1562 circa. Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, Manoscritto Palatino 464.

MAGGI, 1564

Gerolamo Maggi, *Variarum lectionum, seu Miscellaneorum Libri IIII* ..., Venezia, Ziletti, 1564.

PALLADIO, 1570

Andrea Palladio, *I quattro libri dell'architettura* ..., Venezia, appresso Dominico de' Franceschi, 1570.

PALLADIO, 1574-1575

Andrea Palladio, *I Commentari di C. Giulio Cesare* ..., Venezia, Piero de' Franceschi, 1574-1575.

CESARE-MANUZIO, 1575

C. Iulii Caesaris Commentarii ab Aldo Manutio ..., Venezia, Aldo, 1575.

BUSCA, 1585

Gabriello Busca, *Della espugnatione et difesa delle fortezze*, Torino, Dominico Tarino, 1584. Altra edizione 1598.

LIPSIUS, 1599

Justus Lipsius, *Poliortecicon sive de machinis. Tormentis. Telis. Libri quinque. Ad Historiarum lucem. Editio altera, correctata et aucta*, Anversa, Ex Officina Plantiniana apud Joannem Moretum, 1599.

LORINI, 1609

Buonaiuto Lorini, *Le fortificationi*, edizione corretta e ampliata, Venezia, Francesco Rampazetto, 1609 (prima ed. 1596).

SCAMOZZI, 1615

Vincenzo Scamozzi, *L'Idea dell'architettura universale* ..., Venezia, a spese dell'autore, 1615.

FLORIANI, 1630

Pietro Paolo Floriani, *Difesa et offesa delle Piazze*, Macerata, Giuliano Carboni, 1630. Seconda impressione Venezia, Francesco Baba, 1654.

Instrumentum donationis, 1711

Instrumentum donationis Illustrissimi, et Excellentissimi Viri Domini Comitis Aloysii Ferdinandi de Marsiliis favore Illustris-

simi et Excelsi Senatus, et Civitates Bononiae in gratiam Novae in Eadem Scientiarum Institutionis, 29 agosto 1711.

BOLLETTI, 1751

Giuseppe Gaetano Bolletti, *Dell'origine e de' progressi dell'istituto delle Scienze di Bologna* ..., Bologna, Lelio dalla Volpe, 1751.

BURATTI, 1809

Alessandro Buratti, *Elogio di Girolamo Magi celebre letterato di Anghiari*, Perugia, Costantini, Santucci e Comp., 1809.

CAVALLI, 1836

Giovanni Cavalli, *Sunto dell'equipaggio da ponti di barche e barchettine adottato dal Corpo Reale d'Artiglieria di S. M. il Re di Sardegna*, Torino, Stabilimento Litografico del R.o Arsenale, 1836.

BIRAGO, 1839

Carlo Birago, *Untersuchungen über die europäischen Militärbrückentrais und Versuch einer verbesserten, allen Forderungen entsprechenden, Militärbrückeneinrichtung*, Vienna, Anton Strauss, 1839.

CAVALLI, 1843

Giovanni Cavalli, *Mémoire sur les équipages de ponts militaires*, Parigi, J. Corréard, 1843.

Dispense, 1860

Dispense manoscritte del 1860 circa sul ponte modello Birago a due gambe. Collezione privata.

PROMIS, 1862

Carlo Promis, *Vita di Girolamo Maggi d'Anghiari ingegnere militare, poeta, filologo, archeologo, giurisperito del secolo XVI*, «Miscellanea di Storia Italiana», t. I, 1862, pp. 105-143.

Sistemazione difensiva, 1918

Sistemazione difensiva della Laguna Sud di Venezia al 30 Giugno 1918. Fotografie di M. Giorgini. Collezione privata.

BORGATTI, 1928-1931

Mariano Borgatti, *Storia dell'arma del genio* (dalle origini al 1914), quattro volumi, Roma, Rivista d'artiglieria e genio, 1928-1931.

NERVI, 1965

Pier Luigi Nervi, *Costruire correttamente* ..., seconda edizione, Milano, Hoepli, 1965.

CESARE, 1993

Gaio Giulio Cesare, *Opera omnia*, a cura di Adriano Pennacini, traduzioni di Antonio La Penna e Adriano Pennacini, Torino, Einaudi-Gallimard, 1993.

TAMPONE, 2000

Gennaro Tampone, *Sulle caratteristiche strutturali ed esecutive dei ponti lignei di Palladio*, «Bollettino ingegneri», 12, 2000, pp. 2-6.

John Soane, 2002

John Soane e i ponti in legno svizzeri. *Architettura e cultura tecnica da Palladio ai Grubenmann*, a cura di Angelo Maggi e Nicola Navone, Mendrisio-Vicenza, Accademia di Architettura-Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio, 2002.

TAMPONE-FUNIS, 2003

Gennaro Tampone - Francesca Funis, *Proceedings of the First International Congress on Construction History*, a cura di Santiago Huerta, III, Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, pp. 1909-1919.

FARA, 2006

Amelio Fara, *Napoleone architetto nelle città della guerra in Italia*, Olschki, 2006 (Arte e Archeologia - Studi e Documenti, 29).